

® BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

## © Offenlegungsschrift® DE 199 13 593 A 1

© Int. CI.7: F 04 B 49/



DEUTSCHES PATENT- UND

MARKENAMT

(ii) Aktenzeichen;(iii) Anmeldetag;

199 13 593.2

(2) Anmeldetag: 24, (3) Offenlegungstag: 5, 1

24. 3. 1999

5, 10, 2000

Anmelder:

ILMVAC GmbH, 98693 Ilmenau, DE

(i) Vertreter:

Engel und Kollegen, 98527 Suhl

(12) Erfinder:

Frenzel, Günter, 98693 Ilmenau, DE: Engman Hubert, 98693 Ilmenau, DE

66 Entgegenhaltungen:

US

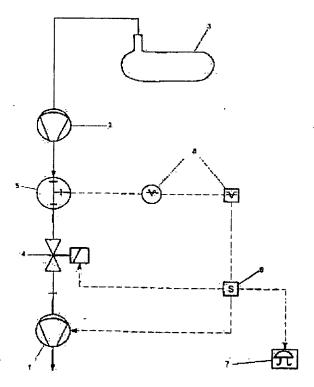
50 39 280

## Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlegen entnommen Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

Section of the last of the las

Gesteuerter Pumpstand

Die Erfindung betrifft einen Pumpstand zur Erzeugung eines Vakuums mit einer Hochvakuumpumpe (2) und einer Vorpumpe (1), die für die Hochvakuumpumpe einen bestimmten Vordruck bereitstellt. Der Pümpstand besitzt ein schaltbares Ventil (4) zwischen Hochvakuumpumpe und Vorpumpe; einen Drucksensor (5), der den am Ausgang der Hochvakuumpumpe anliegenden Vordruck bestimmt; und eine Steuereinheit (6), die basierend auf dem Vordruck die Vorpumpe einschaltet und das Ventil öffnet, wenn der Vordruck einen oberen Schwellenwert überschreitet. Außerdem gibt die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung dieses Pumpstandes an.



199 13

**BEST AVAILABLE COPY** 



## Beschreibung

Die vorliegende Erlindung betrifft einen Pumpstand zur Erzeugung eines Vakuems mit einer Hochvakunmpumpe und einer Vorpumpe, die für die Hochvakaumpumpe einen medrigen Vordruck bereitstellt. Anßerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung eines Pumpstandes, welofter zur Erzeugung eines Hochvakuums eine Hochvakuumpumpe and eine Vorpumpe annaßt,

In der Teehnik sind verschiedenste Pumpenanordnungen 10 hekannt. Sogenannte Pumpstände umfassen eine oder mehrere Pumpen und die zugehörige Steuerungstechnik. Die jeweils einzusetzende Pumpe wird unter anderem anhand der gewünschlen Druckanforderungen, der Fördermenge und des zu pampenden Mediums bestimmt.

In der Vakuumtechnik ist es bekannt, daß zur Erzeugung eines Hochvaknums (oder eines Ultrahochvakuums) in einer gegebenen Gesamtanordnung eine Hochvakuumpumpe mit einer Vorpumpe kombiniert wird. Die jeweiligen physikalisch-technischen Wirkprinzipien der Vorpumpe haben aberzur Folge, daß mit der Vorpumpe in vertretbarer Zeit nur ein Grobyakuum, ggf. ein Feinvakuum, erzeugt werden kann. Wenn dieser Zustand erreicht ist, greift die üblicherweise in Reihe mit der Vorpumpe geschaltete Hochvakuumpumpe aktiv in den Evakuierungsvurgung ein. Die bekannten Hoch- 25 vakuumpumpen sind in der Lage ein Hoch- bzw. Uhra-Hochvakuum innerhalb eines Rezipienten zu erzeugen. Für den Betrieb dieser Hochvakuumpumpen ist es aber erforderlich, dall die Ausgangsseite nicht unmittelbar an den Atmosphärendruck gekoppeli ist sondern einem wesentlich gerin- 30 geren Vordruck unterliegt. Dieser Vordruck wird von der Vorpumpe erzeugt.

Bei derartigen Anordnungen mach dem Stand der Technik ist es erforderlich, daß die Vorpunipe wührend der gesamten Betriebszeit des Pumpstandes arbeitet, um den Vordruck kontinujerlich an dem Ausgang der Hochvakuumpumpe bereitzustellen. Dies hat zur Folge, daß die Vorpumpe einen erheblichen Energiebetrag verbraucht, obwohl nur sehr geringe Mengen des Restgases aus dem Evakuierungsvolunien abzusaugen sind. Da bei industriellen Anwendungen und in 40 Laboraulbauten das gewünschte Vakuum häufig über einen relativ langen Zeitraum aufrecht erhalten werden soll, unterliegt bei entsprechenden Pumpständen auch die Vorpumpe hohen Anforderungen aufgrund der längen, unumerbrochenen Betriebszeiten. Es, ergeben sich geringere Standzeiten 45 Dadurch kann zumindest über einen gewissen Zeitraum ei für die Vorpumpe, die relativ hohe Wartungskosten zur Folge haben:

Ein wehreres Problem bei bekannten Pumpständen zur Erzeugung eines Hochvakuums besteht darin, daß bei einem fehlerbedingten Ausfall der Vorpumpe der Druck im Evakuierungsraum ansteigen kann, ohne daß rechtzeitig Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des Vakuums eingeleitet werden können.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren zur Steuerung eines Pumpstandes anzu- 55 geben, durch welches die genannten Nachteile vermieden werden. Außerdem soll die Erfindung einen Pumpstand bereitstellen, der dieses Verfahren realisieren kann. Insbesondere ist es wilnschenswert, die notwendige Betriebszeit der Vorpumpe zu reduzieren, um einerseits Energie einzusparen 60 vakuumpumpe führen konnte bzw. einen unerwünschte und andererseits die Lebensdauer der Vorpumpe zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, welches folgende Schritte umfaßt:

- ordnung zu evakuieren und einen vorbestimmten Vordruck aufzübauen:
- b) Inbetriebnahme der Hochvakuumpumpe, um einen

vorbestimmen Enddruck aufzubauen:

- c) Überwachung des Vordrucks am Ausgang de Flochvakuumpumpe mit einem Drucksensor:
- d) Schließen eines Ventils, wetches zwischen der Vor pumpe und der Hochvakuumpumpe angeordnet is wenn der Vordruck einen unteren Schwellenwert unter
- e) Abschaltung der Vorpumpe, wenn des Venut geschlossen ist:
- fi Wiederinberriebnahme der Vorpumpe, wenn de Vordnick einen oberen Schwellenwert überschreite g) Offnen des Ventils, um den Vordruck am Ausgan der Hoelivakuumpumpe zu seaken:
- h) Rückkehr zum Schritt e) und zyklisches Feriseize des Verfahrens

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet den Vorteit, da die Vorpumpe nach der Bereitstellung des für den Betrie der Hochvakuumpumpe benötigten Vordrucks abgeschalte worden kann. Nach einer Erstevakuierung der Gesamtar ordnung kann bei gut abgedichteten Gesamtanlagen die zi Aufrechterhaltung des Vakuums erforderliche Pumpleistun allein von der Hochvakuumpumpe bereitgestellt werder Gerade bei Anlagen, die über längere Zeit betrieben werdet kommi es dadurch zu einer deutlichen Reduzierung der ei torderlichen Laufzeit der Vorpumpe und damit zur Erhé hung der Lebensdauer der Vorpumpe, Während des Betrieb wird die Vorpumpe nur dann aktiviert, wenn der am Augang der Hochvakuumpumpe erforderliche Vordruck eine oberen Schwellenwert überschreitet. Durch die abhängig Steuerung des zwischen der Vorpumpe und der Hochvakt umpumpe angeordneten Ventils ist außerdem ein Anstie des Vordrucks aufgrund von Undichtigkeiten im Bereich de Vorpumpe ausgeschlossen. Darch die deutlich kürzeren Bi triebszeiten der Vorpumpe wird auch die Geräuschenrissio der Anlage stark verringen.

Bei einer vorteilhaften Abwandlung des erfindungsgemi Ben Verfahrens wird das Ventil auch dann geschlosset wenn der Vordruck einen Fehlerschwellenwert überschre tet. Dies bieset den Verteil, daß der Hochvakuumabschni von dem Grob- bzw. Feinyakoumabschnitt der Gesamtar ordnung abgetrennt werden kann, sobald aufgrund eine Leckes oder eines underen Fehlers die Vorpumpe nicht met in der Lage ist, den nötigen Vordruck aufrechtzuerhalter starker Druckanstieg im Hochvakuumabschnitt verhinde werden.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrer liegt zwischen der Wiederinbetriebnahme der Vorpumpe is Schritt f) und dem Offnen des Ventils im Schritt g) eine von bestimmte Zeitdauer. Diese Zeitdauer ist derart bestimm daß bei einer gegebenen Saugleistung der Vorpumpe de Totvolumen zwischen der Vorpumpe und dem Ventil evakt iert werden kann und in diesem Bereich der henötigte Vol druck eingestellt wird, bevor das Ventil geöffnet und dam die Verbindung zur Ausgangsseite der Hochvakuumpump hergestellt wird. Dedurch ist sichergestellt, daß ein sprung hafter Druckanstieg am Ausgang der Hochvakuumpump vermieden wird, der gaf, zu einer Betriebsstörung der Hoch Druckanstieg im Hochvakuumabschnitt hervorruft.

Zur Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindun dient auch ein Pumpstand, umfassend ein schaltbares Vent zwischen Hochvakuumpumpe und Vorpumpe; einen Druck a) Inbetriebnahme der Vorpumpe, um die Gesantan- 65. sensor der den am Ausgang der Hochvakuumpumpe anlie genden Vordruck bestimmt; und eine Steuereinheit, die b: sierend auf dem Vordruck die Vorpumpe einschaltet und da Ventil offnet; wenn der Vordruck einen oberen Schweller

1.

wert überschreitet. Mit einem derartigen Pumpstand kann das oben beschriebene Verlähren vorteilhaft durchgeführt werden.

Hine vorteilhafte Ausführungsform des Pumpstandes zeichnet sich dadurch aus, daß das scholibare Ventil ein elektromagnetisches Vakuumventil ist. Bet abgewandelten Ausführungsformen können auch pneumatisch oder hydraulisch befängte Ventile zum Einsatz kommen.

Ebenso ist es zweckmäßig, wenn der Drucksensor ein kapezitiv wirkender Drucksensor ist, da dies eine einfache und 10 zuverlässige Messung und eine ausreichend sehnelle Meßwertverarbeitung durch die Steuereinheit ermöglicht.

Weitere Verseile, Einzelheiten und Weiterhildungen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Austührungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und 15 des erfindungsgemäßen Pumpstandes, die unter Bezugnahme auf die Zeichnung gegeben wird. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschultbild eines erfindungsgem

ßen Pumpstandes:

Fig. 2a ein Flußdiagramm, welches erste Schritte des er- 20 findungsgemäßen Verfahrens zeigt;

Fig. 2h ein Plußdiagramm, welches weitere Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt;

Fig. 3 ein Flußdiagramm, welches Schritte einer Fehlerüherwachungsroutine gettiäß einer abgewandelten Ausführungsform des in Fig. 2 abgehildeten Verfahrens zeigt.

Fig. 1 zeigt das Blockschaltbild eines Pumpstandes zur Erzengung eines Hochvakuums. Der Pumpstand besteht aus einer Verpumpe 1, bei der es sieh um eine Feinvakuumpumpe handeln kann. Auf die spezielle Bauform der Vor- 30 pumpe kommt es nicht an. Vielmehr ergibt sich diese aus dem gewünschien Einsatzfall. Weiterhin umfaßt der Pumpstand eine Hochvakuumpumpe 2, die im Zusammenwirken mit der Vorpumpe 1 in einem Evakuierungsraum 3 ein Hockvakuum erzeugen soll. Im Strömungskanal zwischen 35 der Vorpumpe 1 und der Hochvakuumpumpe 2 ist ein schultbares Ventil 4 angeordnet, welches im geschlossenen Zustand die Verbindung zwischen Vorpumpe und Hochvakuumpumpe trennt, wobei hohe Anforderungen an die Abdichtung beispielsweise durch ein elektromagnetisches Va- 40 kuumveniil erfüllt werden können. Die Hochvakuumpumpe 2 ist beispielsweise eine Turbomolekularpumpe, die zu ihrem Betrieb an der Ausgangsseite einen gegenüber der Atmosphäre verringerten Vordruck benötigt. Dieser Vordruck liegt beispielsweise im Bereich von 103 bis 1 Pa (Pascal), 45 Der Vordruck, der sich im Strömungskanal zwischen der Hochvakuumpumpe 2 und dem Ventil 4 einstellt, wird von einem Sensor 5 gemessen. Der Sensor 5 ist beispielsweise ein kapazitiver Drucksensor. Schließlich ist in dem Pumpstand eine Steuereinheit 6 vorgesehen, die einerseits das 50 Meßsignal vom Drucksensor 5 empfängt und andererselts Steuersignale zumindest an das Ventil 4 und die Vorpumpe 1 abgibt. Bei der dargestellten Ausführungsform wird ein weiteres Signal von der Steuereinheit 6 an eine Alarmsignalisierungseinheit 7 abgegeben. Außerdem können wie dargestellt Mcdwertaufbereitungseinheiten 8 vorgeschen sein, die das vom Drucksensor 5 erzeugte Meßsignal konditionieren.

Fig. 2a und 2b zeigen einen Ablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens, welches z. B. von der in Fig. 1 gezeigten Anordnung ausgeführt wird. Das Verfahren beginnt im 60 Schritt 10 und setzt im Schritt 11 die Vorpumpe in Betrieb. Um die Gesamtanordnung zu evakuieren wird im Schritt 12 das Ventil geöffnet. Im Schritt 13 wird überprüft, ob der für die Inbetriebnahme der Hochvakuumpumpe nötige Arbeitsdruck (Vordruck) bereits erreicht ist. Mit erreichen des Vordrucks sind die notwendigen Betriebsbedingungen für die Hochvakuumpumpe gegeben, so daß diese im Schritt 14 in Betrieb genonumen wird. Auf den Zeitpunkt der ersten Inbe-

triebnahme der Hochvakumpumpe kommt es hinsichtlic der Erfindung jedoch nicht an.

Sobald von dem Drucksensor hestimmt wird, daß die Vordruck einen umeren Schwellenwen unterschreiter für Schrift 15), wird im Schrift 16 das Ventil geschlossen un nachfolgend im Schrift 17 die Vorpumpe abgeschaftet. Is weiteren Verhauf wird wiederum von dem Drucksensor stattig der Vordruck überprüft. Solange der Vordruck unterhal eines oberen Schwellenwertes negt, bleibt die Betrichsweis unverändert. Solern jedoch im Schrift 18 festgestellt wird daß der Vordruck den oberen Schwellenwert überschreite wird die Vorpumpe erneut in Betrich genommen (Schrift 19). Die Zeitverzögerung im Schrift 20 diem der erneute Evakuierung des zwischen dem Ventil und der Vorpumpliegenden Torvolumens.

Bei einer abgewandelten Ausführungstorm könnte auc ein weiterer Drucksensor vorgeschen sein, der den in dieser Abschnitt vorhandenen Druck bestimmt, so daß die Zeitve zögerung durch eine Drucksteuerung ersetzt wird.

Sobald das Totvolumen evakuiert ist, wird im Schritt 2 das Ventil emein geöffnet. Die Routine springt dann zur Schritt 15 zurück, in welchem der Vordruck wiederum hir sichtlich der Unterschreitung des unteren Schwellenwerte überpröft, wird.

In Fig. 3 ist ein Ablaufdiagramm gezeigt, anhand desse die Verfahrensschritte erläutert werden, die bei einer abge wandelten Ausführungsform ausgeführt werden. Die in Fig 3 dargestellten Verfahrensschritte werden im wesentliche parallel zu den Verfahrensschritten in Fig. 2 ausgeführt, ut nach Möglichkeit zu jedem Zeitpunkt eine potentielle Fel lersituation zu erkennen und darauf angemessen zu reagie ren. Diese Fehlerüberwachungsroutine stanet im Schriu 30 Unter Auswertung des vom Drucksensor gelieferten Mei werts wird im Schrift 31 überprüft, ob der Vordruck erreich wurde, der zum Beirich der Hochvakuumpumpe erforder lich ist. Sofern dies noch nicht der Fall ist, wurde der eigen liche Betriebszustund noch nicht eingenommen, d. h. de gewünsehle Hochvakuum ist noch nicht aufgebaut. Sobal der eingestellte Vordruck erreicht wurde, geht die Fehlerbi handlungstoutine davon aus, daß sich die Gesamtanlage is normalen Beniebszustand befindet und entweder mit der Aufbau des Hochvakums begonnen wird oder dieses be reits erzeugt wurde. Somit kann nun im Schritt 32 geprü werden, ob der Vordruck einen bestimmten Fehlerschwe lenwert überschreitet. Ist dies nicht der Fall, so arbeitet di Gesamtanordnung normal. Sobald der Vordruck den Fehler schwellenwert überschreitet, welcher derart eingestellt is daß er ausreichend oberhalb des oberen Schwellenwerte liegt, ist daraus abzuleiten, daß der Vordruck ansteigt, ot wohl bei normaler Betriebsart die arbeitende Vorpumpe die sen reduzieren müßte. Eine solche Situation kann eintreter wenn beispielsweise die Vorpumpe defekt ist oder im Be reich stromabwärts des Ventils ein Leck vorhanden ist. Ut den Hochvakuumabschnitt und die Hochvakuumpumpe gi gen diesen fehlerbedingten Druckanstieg zu schülzen, ver anlaßt die in Fig. 3 gezeigte Routine das Schließen des Ver ills im Schritt 33. Der dafür von der Sieuereinheit zu gene nerende Befehl ist so ausgelegt, daß er einen ggf. aus der i Fig. 2 gezeigten Routine resultierenden Befehl zum Offne des Ventils übersteuert. Auf diese Weise kann der reg stricrie Fehler zumindest über einen bestimmten Zeitraus durch weiteren Betrieb der Hochvaknumpumpe ausgegt chen werden, da der Druckanstieg stromahwarts des Ventil nicht auf den Hochvakuumabschnitt einwirkt. Im Schritt 3 wird zusätzlich ein Alarmsignal generiert, mit wolchem be spielsweise das Bedienpersonal auf den festgestellten Fehlt aufmerksam gemacht werden kann Sobald nach einer Fel

lerbehebung im Schritt 35 festgestellt wird, daß der Vo

BEST AVAILABLE COPY

10

druck den Fehlerschwellenwert unterschreitet, kann im Schritt 36 das Vernit wieder geöffnet werden und die Fehlerroutine springt zum Schritt 32 zurück, um die normale Fehlerüberwachung fortzusetzen

Die dargestellten Verfahrensschritte fassen sich in bekannter Weise durch eine Schaltlogik realisieren, es kann aber auch ein Mikroprozessor eingesetzt werden, der durch ein angepaktes Datenverarbeitungsprogramm gesteuer: wird.

## Patentansprüche

- 1. Verfahren zur Steuerung eines Pumpstandes, welcher zur Erzeugung eines Hochvakuums eine Hochvakuumpumpe und eine Vorpumpe umfaßt, gekenn- 15 zeichnet durch die folgenden Schritte:
  - a) Inbeiriebnahme der Vorpumpe (11), um die Gesamtanordnung zu evakuieren und einen vorbestimmten Vordruck aufzubauen;
  - b) Inhetriebnahme der Hochvakuumpumpe (14).
     um einen vorbestimmten Enddruck aufzubauen;
  - e) Überwichung des Vordrucks (15) am Ausgang der Hochvakuumpumpe mit einem Drucksensor;
     d) Schließen eines Venüls (16), welches zwischen der Vorpumpe und der Hochvakuumpumpe
  - schen der Vorpumpe und der Hochvakaumpumpe 23 ungeordnet ist, wenn der Vordruck einen unteren Schwellenwert unterschreitet:
  - e) Abschaltung der Vorpumpe (17), wenn des Ventil geschlossen ist;
  - t) Wiederinbetriebnahme der Vorpumpe (19), 30 wenn der Vordruck einen oheren Schwellenwen. überschreiter;
  - g) Öffnen des Ventils (21), um den Vordruck am Ausgang der Hochvakuumpunipe zu senken:
  - h) Rückkehr zum Schritt c) und zyklisches Port- 35 setzen des Verfahrens.
- 2. Verfähren nach Anspruch 1. gekennzeichnet durch den weiteren Schritt:
- Schließen des Ventils (33), wenn der Vordruck einen Fehlerschweitenwert überschreitet.
- 3. Verfahren nach Anspruch 2. gekennzeichnet durch den weiteren Schritt: Abgabe eines Alarmsignal (34), wenn der Vordruck den Fehlerschwellenwert liberschreitet.
- 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Wiederinbetriebnahme der Vorpumpe im Schritt f) und dem Offnen des Ventils im Schritt g) eine vorbestimmte Zeitdauer verstreicht, um das Totvolumen zwischen Vorpumpe und Ventil vor der Öffnung des Ventils erneut 50
  zu evakuieren.
- 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem oberen Schwellenwert und dem unteren Schwellenwert ein Druckunterschied von etwa 10<sup>2</sup> bis 10<sup>3</sup> Pa besteht.
- 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Fehlerschwellenwert etwa 10<sup>2</sup> bis 10<sup>3</sup> Pa oberhalb des oberen Schwellenwerts liegt.
- 7. Pumpstand zur Erzeugung eines Vakuums mit einer Hochvakuumpumpe (2) und einer Vorpumpe (1), die 60 für die Hochvakuumpumpe einen bestimmten Vordruck bereitstellt, gekennzeichnet durch;
  - ein schaltbares Ventil (4) zwischen Hochvekuumpumpe und Vorpumpe;
  - einen Drucksensor (5), der den am Ausgang der 65
     Hochvakuumpumpe anflegenden Vordruck bestimmt; und
  - eine Steucreinheit (6), die basierend auf dem

Vordruck die Vorpumpe einschaltet und das Vent öffnet, wenn der Vordruck einen oberen Schwe lenwert überschreitet.

- 8. Pumpstand nach Anspruch 7. darfurch gekennzeich net, daß die Steuereinheit (6) das Ventil (4) schließ wenn vom Drucksensor ein Vordruck oberhalb eine Fehlerschwellenwens besimmt wird.
- Pumpstand nach Anspruch 7 oder 8, dadurch ge kennzeichnet, daß das schaltbare Ventil ein elektrom, gnetische Vakeumventil ist.
- 10. Pumpstand nach einem der Ansprüche 7 bis 9, di durch gekennzeichnet, daß der Drucksensor ein kapaz tiv wirkender Drucksensor ist.
- 11. Pumpsiand nach einem der Ansprüche 7 bis 10, de durch gekennzeichnet, daß die Hochvakuumpump eine Turbamolekularpumpe ohne oder mit Grobyakt unstufe ist und die Vorpumpe emsprechend eine Feir bzw. Grobyakuumpumpe ist.
- Putupstand nach Anspruch II. dadurch gekenr zeichnet, daß der von der Feinvakminipumpe bereitge siellte Vordruck im Bereich von 10<sup>3</sup> bis i Pa liegt.

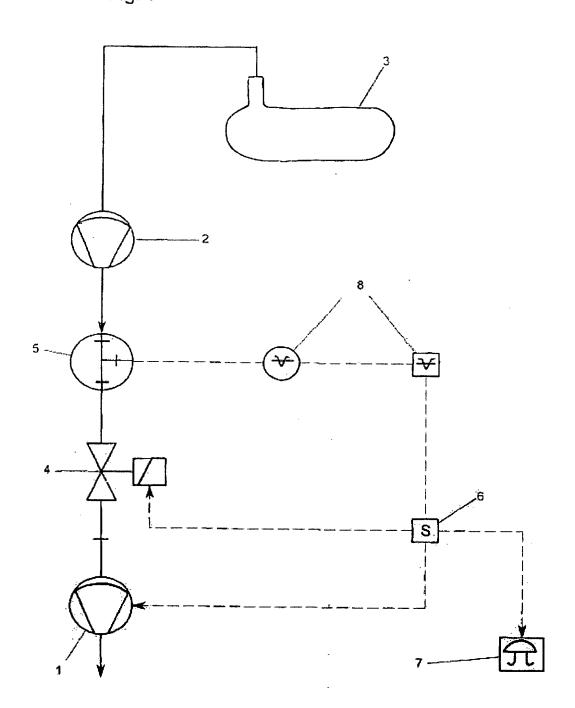
Hierzi 4 Seite(n) Zeichnungen

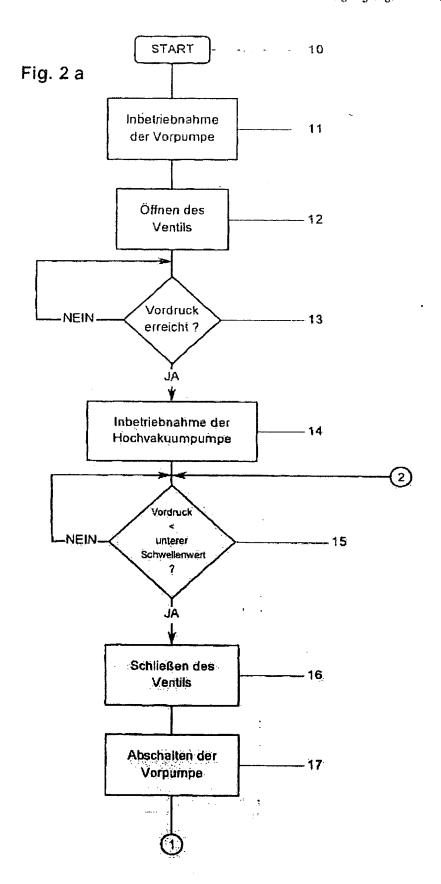
BEST AVAILABLE COPY

Jummer; Int. Cl.<sup>7</sup>: Offenlegungstag:

DE 199 13 593 A1 F 04 B 49/02 5. Oktober 2000

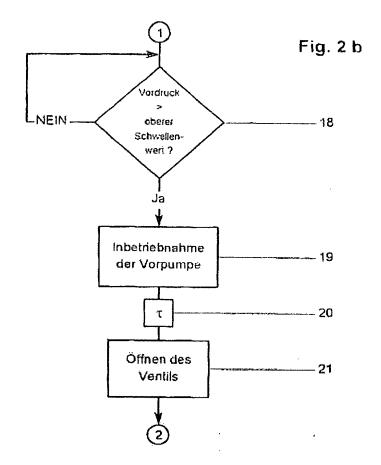
Fig. 1





dummer: Int. CL<sup>7</sup>: Offenlegungsteg:

DE 199 13 593 A1 F 04 B 49/02 5. Oktober 2000



DE 199 13 593 A1 F 04 B 49/02 5. Oktober 2000

Fig. 3

